

DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

PATENTSCHRIFT

(19) DD (11) 242 429 A1

4(51) C 22 F 3/00  
C 21 D 1/00

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP C 22 F / 243 680 7	(22)	30.09.82	(44)	28.01.87
(71)	Akademie der Wissenschaften der DDR, 1080 Berlin, Otto-Nuschke-Straße 22/23, DD				
(72)	Finn, Thomas; Heß, Helmut, Dr. sc. Dipl.-Phys.; Kerkow, Hartmut, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Kudalla, Frank, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Metzke, Eckhard, Dipl.-Ing.; Schreck, Hans-Joachim, Dipl.-Phys.; Wirsig, Manfred, Dipl. Phys., DD				
(54)	Verfahren zur Materialeigenschaftsänderung				

(57) Das Verfahren kann dort angewendet werden, wo eine bessere Anpassung der Eigenschaften der Materialien an die Einsatzbedingungen erreicht werden soll, z. B. in Form erhöhter Härte, Festigkeit, verbesserter Kristallstruktur. Das Ziel der Erfindung ist es, eine gleichmäßige Veränderung der Eigenschaften von oberflächennahen Bereichen und/oder im Volumen in beliebig geformten Körpern aus unterschiedlichen Materialien zu erreichen. Die Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur definierten Beeinflussung der Oberflächen- und/oder Volumeneigenschaften unterschiedlicher Materialien anzugeben. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Materialien einem durch annähernd adiabatische Kompression erzeugten impulsförmigen, stark strahlenden, dichten Plasma ausgesetzt werden.

ISSN 0433-6461

3 Seite

**Erfindungsanspruch:**

1. Verfahren zur Materialeigenschaftsänderung im oberflächennahen Bereich und im Volumen, gekennzeichnet dadurch, daß die Materialien einem durch annähernd adiabatische Kompression erzeugten impulsförmigen, stark strahlenden, dichten Plasma ausgesetzt werden und die Veränderung der Oberflächen- und Volumeneigenschaften durch einzelne oder kombinierte Einwirkung von Druck, Wärmeleitung, Strahlung, Einbau von Fremdatomen bzw. innige Verbindung aufgebracht Schichten mit dem Werkstoff erfolgt.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß zur Erzeugung des Plasmas eine Kolben-Zylinder-Anordnung verwendet wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Plasmaparameter durch Variation der Rohrlänge, des Rohrdurchmessers, der Kolbenenergie, der Gasart, des Anfangsdruckes und der Anfangstemperatur des Gases eingestellt werden.
4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Plasmaparameter Druck bis oberhalb 1 GPa und Temperatur bis 20000 K variiert werden und die Halbwertsbreite des Druckimpulses zwischen einigen 10 µs und einigen ms liegt.
5. Verfahren nach Punkt 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß das zu behandelnde Material nur der Strahlung des Plasmas ausgesetzt wird.
6. Verfahren nach Punkt 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß zum Zwecke des Einbaus von Fremdatomen in das zu behandelnde Material auf dem Material von der Plasmaeinwirkung eine die Fremdatome enthaltende Schicht aufgebracht wird und/oder ein Arbeitsgas verwendet wird, das die Fremdatome enthält.
7. Verfahren nach Punkt 6, gekennzeichnet dadurch, daß eine innige Verbindung zwischen einer von der Plasmaeinwirkung aufgetragenen Schicht und dem Werkstoff hergestellt wird.

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Das Verfahren kann dort angewendet werden, wo durch gezielte Änderungen der Oberflächen- und Volumeneigenschaften von Materialien mittels Einwirkung von Druck-, Strahlungs- und Wärmeimpulsen, Einbau von Fremdatomen bzw. innige Verbindung vorher aufgetragener Schichten mit dem Werkstoff eine bessere Anpassung der Materialien an die Einsatzbedingungen erreicht werden soll, z. B. in Form erhöhter Härte, Festigkeit, verbesserter Kristallstruktur, Korrosionsbeständigkeit oder Rißunempfindlichkeit.

**Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Verfahren zur Beeinflussung von Oberflächeneigenschaften durch Strahlungsimpulse aus Lasern sind in DD-WP 141 378, DE-OS 3007 160, DE-OS 2740 569, EP 0035 401, US-PS 3850 698 und US-PS 4122 240 beschrieben. Die Laserbehandlung großer Oberflächen hat aber den Nachteil des kleinen Brennfleckes, was Vorrichtungen zur Rasterung und lange Behandlungszeiten erfordert.

Die Beeinflussung der Eigenschaften von Halbleitermaterialien durch Strahlungsimpulse aus Hochleistungslampen (DD-WP 147 980) bzw. von metallischen und dielektrischen Materialien durch gepulste Lichtstrahlen (US-PS 4 229 232) ist nur anwendbar, wenn die abgestrahlte Energiedichte der Lampen ausreichend ist. Die Lampen haben darüber hinaus nur eine begrenzte Lebensdauer.

Laser und Hochleistungslampen haben weiterhin den Nachteil, daß auf Grund der notwendigen optischen Fenster keine hohen Photonenenergien verfügbar sind.

Bekannt ist auch die Anwendung elektrischer Entladungen zur Veränderung von Materialeigenschaften (z. B. DD-WP 59 940, DD-WP 151 635, DE-AS 1 408 930, DE-OS 2 449 712). Diese führen bei hoher Energiedichte zu unerwünschten Änderungen der Oberflächengeometrie. Bei geringer Energiedichte sind lange Behandlungszeiten notwendig; und Oberflächeneffekte, die auf Abschreckung beruhen, sind infolge Volumenerwärmung nicht erzielbar.

Die Veränderung von Materialeigenschaften durch Druck- und Wärmeimpulse wird in DE-AS 2 436 951, DE-OS 2 119 766 und EP O 022 433 beschrieben. Diese Patente beziehen sich aber auf die Herstellung kompakter Teile aus Pulvermaterialien unter Ausnutzung der Energie von Stoßwellen. In US-PS 3 157 488 wird ein Verfahren vorgestellt, das mit einem durch einen explosionsgetriebenen Kolben adiabatisch komprimierten Gas arbeitet und zum Sintern von Pulvermaterialien dient. Weiterhin wird die Druck- und Temperaturerhöhung in durch Kompressoren verdichteten Medien zur Herbeiführung chemischer Reaktion genutzt (z. B. GB-PS 1 387 386, DE-AS 1 276 237).

**Ziel der Erfindung**

Ziel der Erfindung ist es, eine gleichmäßige Veränderung der Eigenschaften von oberflächennahen Bereichen und/oder im Volumen in beliebig geformten Körpern aus unterschiedlichen Materialien zu erreichen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur definierten Beeinflussung der Oberflächen- und/oder Volumeneigenschaften unterschiedlicher Materialien anzugeben. Das Verfahren soll eine schnelle Beeinflussung beliebig geformter Körper ermöglichen.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Materialien einem durch annähernd adiabatische Kompression erzeugten impulsförmigen, stark strahlenden, dichten Plasma ausgesetzt werden und die Veränderung der Oberflächen- und Volumeneigenschaften durch einzelne oder kombinierte Einwirkung von Druck, Wärmeleitung, Strahlung, Einbau von Fremdatomen bzw. innige Verbindung vorher aufgebrachtter Schichten mit dem Werkstoff erfolgt, wobei die Plasmaparameter variabel sind.

Zur Erzeugung des Plasmas wird ein ballistischer Kompressor in Form einer Kolben-Zylinder-Anordnung verwendet. Nach Einbringen des zu beeinflussenden Materials in den Zylinder wird das als Kompressionsraum dienende Rohr verschlossen, evakuiert und ein Arbeitsgas in das Rohr eingefüllt. Bei anschließender schneller Freigabe einer gespeicherten Energie wird dem Kolben ein Impuls erteilt, der ihn so beschleunigt, daß das im Zylinder befindliche Arbeitsgas annähernd adiabatisch komprimiert wird, wobei ein stark-strahlendes, dichtes Plasma entsteht. Durch Variation der Rohrlänge, des Rohrdurchmessers, der Kolbenenergie (Masse und Geschwindigkeit), der Gasart, des Anfangsdruckes und der Anfangstemperatur des Gases sind die zu erreichenden Kombinationen von Druck-, Strahlungs- und Wärmeimpuls steuerbar, wobei Drücke bis oberhalb 1 GPa, Temperaturen bis etwa 20 000 K und Halbwertsbreiten der Druckimpulse von einigen 10 µs bis zu einigen ms wählbar sind. Die Strahlung des Plasmas wirkt unmittelbar auf das zu behandelnde Material und verändert dessen Oberfläche bis in Schichttiefen von 0,1 bis 100 µm. Infolge des Verlaufes der Kompression ist das Plasma sehr homogen, das Material wird daher sehr gleichmäßig belastet. Auf Grund der hohen Plasmadichte ist die optische Tiefe des strahlenden Mediums bereits bei geringer Ausdehnung sehr groß, so daß auch Objekte mit komplizierter Oberflächengestaltung der gesamten Strahlungsleistung ausgesetzt sind.

Auch die durch Wärmeleitung auf das zu behandelnde Material übergehende Energie und die kurzzeitige, hohe Druckbeaufschlagung beeinflussen die Oberflächen- und Volumeneigenschaften des zu behandelnden Materials. Durch die Wahl des Arbeitsgases und/oder durch vorheriges Aufbringen von Fremdatome enthaltenden Schichten erfolgt der Einbau von Fremdatomen in das zu behandelnde Material, und es kann eine innige Verbindung zwischen einer vorher aufgetragenen Schicht und dem Werkstoff hergestellt werden.

Weil die Energiezufuhr impulsförmig erfolgt, frieren die bei hoher Temperatur entstandenen Strukturen bei Abbruch der Energiezufuhr infolge der hohen Abkühlungsgeschwindigkeit der Oberflächenschicht ein. In einer anderen Ausgestaltung der Erfindung sind Materialien, die nur einer intensiven Strahlung ohne Druckbeaufschlagung ausgesetzt werden sollen, außerhalb des Kompressionsraumes hinter einem optischen Fenster angeordnet.

### Ausführungsbeispiel

Eine Stahlprobe wurde in der mit Argon gefüllten Kammer einer Kolben-Zylinder-Anordnung einem Druck von 300 MPa und einer schwarzen Strahlung von ca. 17 000 K direkt ausgesetzt. Druck und Strahlung wirkten etwa 100 µs auf die Probe. Es wurde eine Zunahme der Oberflächenhärte um den Faktor 4 auf ca. 1 000 kp/mm<sup>2</sup> erreicht. Die Dicke der ausgehärteten Schicht beträgt einige 10 µm.